

**JURNAL SINTESIS CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC) DARI
KULIT PISANG AMBON HIJAU (MUSA PARADISIACA VAR.
SAPIENTUM)**

Dinda Ayu Widia Safitri¹, Zirly Zauda Putri², Kindriari Nurma Wahyusi*
itsdindasafitri@gmail.com¹, zirlyzaudap@gmail.com², kindriarinurma@gmail.com*
UPN "Veteran" Jawa Timur

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) dari limbah kulit pisang ambon hijau (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*) sebagai alternatif bahan baku ramah lingkungan. Kulit pisang mengandung selulosa sebesar 60–65%, yang diolah melalui tahapan isolasi selulosa, alkalisasi, dan karboksimetilasi. Sintesis dilakukan dengan variasi konsentrasi NaOH (25%, 30%, 35%, 40%, dan 45%) dan waktu alkalisasi (30, 50, 70, 90, dan 110 menit). Hasil menunjukkan kondisi optimum pada konsentrasi NaOH 40% dan waktu alkalisasi 90 menit, menghasilkan CMC dengan pH 7,9, kemurnian 83,0%, dan derajat substitusi 0,76.

Kata Kunci: Carboxymethyl Cellulose (CMC), Kulit Pisang Ambon Hijau, Sintesis.

PENDAHULUAN

Pentingnya pemanfaatan sumber daya alam secara optimal telah menjadi perhatian utama dalam pengembangan sektor pertanian dan industri. Meskipun pisang, salah satu buah tropis yang terkenal, telah lama dimanfaatkan, potensi pemanfaatan berbagai bagian tanaman pisang, seperti batang dan kulitnya, masih belum sepenuhnya dieksplorasi. Bagian-bagian ini, terutama kulit buah, umumnya dibuang dan dianggap sebagai limbah hasil pertanian. Padahal, kandungan selulosa yang terdapat pada kulit buah pisang cukup besar, yaitu sekitar 60-65% [1]. Pemanfaatan potensi ini dapat memberikan dampak positif, tidak hanya pada ekonomi melalui pengembangan produk berkelanjutan seperti Carboxymethyl Cellulose (CMC), tetapi juga pada lingkungan melalui pengurangan limbah. Meskipun demikian, belum banyak penelitian yang fokus pada sintesis CMC dari kulit pisang. Pengembangan ini dapat menjadi solusi inovatif dalam memanfaatkan limbah perkebunan secara optimal.

Kulit pisang hijau memiliki keunggulan dibandingkan kulit pisang matang (kuning) karena kandungan karbohidrat dan serat kasarnya yang lebih tinggi. Faktor ini membuat kulit pisang hijau lebih berpotensi sebagai bahan dasar dalam pembuatan Carboxymethyl Cellulose (CMC). Kandungan karbohidrat yang tinggi serta kadar air yang lebih rendah pada kulit pisang hijau menunjukkan bahwa bahan ini lebih optimal untuk sintesis CMC [2]. CMC digunakan secara luas di berbagai industri seperti detergen, cat, kertas, keramik, tekstil, dan makanan. Selain itu, CMC juga berperan sebagai pengental, bahan pengikat, serta penstabil emulsi atau suspensi. Penggunaan CMC di banyak sektor industri memperlihatkan keunggulannya sebagai bahan baku yang serbaguna dan penting dalam industri modern.

Pada penelitian terdahulu oleh Yuliasmi pada tahun 2019 yang berjudul "The Effect of Alkalization on Carboxymethyl Cellulose Synthesis from Stem and Peel Cellulose of Banana," diperoleh hasil bahwa derajat substitusi yang didapatkan sebesar 0,5. Selain itu, penelitian oleh Kaur pada tahun 2018 yang berjudul "Carboxymethyl Cellulose from Cavendish Banana Peel as a Drag Reduction Agent," menunjukkan bahwa derajat substitusi yang diperoleh rata-rata sebesar 0,62, yang lebih tinggi dari batas yang direkomendasikan sebesar 0,5. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk menentukan konsentrasi natrium hidroksida dan waktu reaksi optimum pada reaksi alkalisasi guna menghasilkan Carboxymethyl Cellulose (CMC) dengan derajat substitusi tertinggi.

METODOLOGI

Bahan

Penelitian untuk mensintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari kulit pisang ambon hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*) menggunakan bahan utama yakni kulit pisang ambon hijau (*musa paradisiaca* var. *sapientum*) serta bahan pendukung pendukung diantaranya NaOH, H₂O₂, ClCH₂COONa, metanol, CH₃COOH, AgNO₃, K₂CrO₄, etanol, HNO₃, HCl, indikator fenolftalein (PP), dan aquadest.

Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan diantaranya, mesin penggiling, ayakan ukuran 80 mesh, oven, kertas saring, erlenmeyer, beaker glass, hot plate magnetic stirrer, neraca analitik, corong kaca, gelas ukur, kertas pH, buret, lumpang, dan alu.

Variabel Penelitian

Kondisi yang Ditetapkan

Kondisi tetap yang digunakan dalam penelitian ini di antaranya, berat serbuk kulit pisang sebanyak 150 gram, berat natrium monokloroasetat 5 gram, suhu pengeringan 110 °C, kecepatan pengadukan 300 rpm, suhu delignifikasi 100 °C, suhu bleaching 80 °C, suhu alkalisasi 30 °C, suhu karboksimetilasi 60 °C, waktu delignifikasi 1 jam, waktu bleaching 1 jam, dan waktu karboksimetilasi 3 jam.

Kondisi yang Dijalankan

Kondisi yang dijalankan dalam penelitian ini yakni, konsentrasi NaOH alkalisasi 25%; 30%; 35%; 40%; dan 45% dan waktu alkalisasi 30 menit, 50 menit, 70 menit, 90 menit, 110 menit.

Prosedur Penelitian

Preparasi Kulit Buah

Kulit pisang ambon hijau dibersihkan, kemudian dijemur di bawah sinar matahari selama 7 hari untuk mengurangi kadar air secara signifikan. Setelah itu, kulit dijemur di oven pada suhu 105°C selama 1 jam untuk menurunkan kadar air lebih lanjut. Kulit pisang kering kemudian digiling menggunakan blender dan diayak dengan ayakan ukuran 80 mesh [3].

Delignifikasi

Serbuk kulit pisang direndam dalam larutan natrium hidroksida (NaOH) 10% dengan perbandingan 1:10 (b/v). Proses perendaman berlangsung selama 1 jam pada suhu 100°C dengan pengadukan 300 rpm. Setelah itu, campuran disaring menggunakan kertas saring dan dicuci dengan aquadest hingga mencapai pH netral [4].

Bleaching

Residu yang diperoleh kemudian direndam dalam larutan hidrogen peroksida (H₂O₂) 3% dengan perbandingan 1:20 (b/v) pada suhu 80 °C dan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 1 jam. Setelah itu, campuran disaring, dan residu dicuci dengan aquadest mendidih hingga bau hidrogen peroksida hilang. Residu kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C [5].

Alkalisasi

Sebanyak 10 gram selulosa ditimbang dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 100 mL aquadest. Alkalisasi dilakukan dengan menambahkan 10 mL larutan natrium hidroksida (NaOH) konsentrasi 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% secara bertahap. Campuran tersebut diaduk menggunakan hotplate magnetic stirrer pada suhu 30°C selama 30 menit, 50 menit, 70 menit, 90 menit, dan 120 menit dengan kecepatan pengadukan 300 rpm.

Karboksimetilasi

Setelah alkalisasi selesai, dilakukan proses karboksimetilasi dengan menambahkan 5 gram natrium monokloroasetat (ClCH₂COONa). Pengadukan dilakukan selama 3 jam pada suhu 60°C dan kecepatan 300 rpm menggunakan hotplate magnetic stirrer. Setelah proses selesai, campuran disaring, dan residunya dilanjutkan ke proses penetralan.

Penetralan

Setelah karboksimetilasi selesai, campuran disaring, dan residu dipindahkan ke dalam beaker glass. Ditambahkan methanol absolut untuk melarutkan atau membersihkan sisa reagen yang tidak bereaksi atau produk samping dari proses karboksimetilasi. Selanjutnya, ditambahkan asam asetat glasial hingga pH campuran menjadi netral. Padatan yang diperoleh kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C. Setelah kering, padatan digerus menggunakan lumpang dan alu, lalu diblender hingga diperoleh serbuk CMC [6].

Analisa Hasil

Uji pH

Uji pH dilakukan dengan menambahkan 1 gram CMC kering ke dalam 100 ml aquadest yang ditempatkan di dalam gelas beaker. Larutan tersebut kemudian dipanaskan hingga mencapai suhu 70°C sambil terus diaduk sampai CMC larut sepenuhnya. Setelah larutan mencapai suhu ruang, pH-nya diukur menggunakan pH meter [7].

Uji Kemurnian CMC

Kemurnian CMC dihitung dengan persamaan berikut [8] :

$$\text{Kemurnian} = 100\% - \% \text{ NaCl}$$

Uji Derajat Substitusi

Prosedur untuk menguji derajat substitusi (DS) CMC dimulai dengan mencampurkan 2 gram CMC ke dalam 60 ml larutan etanol 95%, kemudian diaduk hingga tercampur merata. Setelah itu, ditambahkan 10 ml larutan asam nitrat 2 M, dan campuran tersebut diaduk selama 2 menit. Campuran dipanaskan selama 5 menit sambil terus diaduk selama 15 menit. Setelah proses pemanasan, campuran disaring, dan residu yang diperoleh dicuci dengan 30 ml larutan etanol 95% yang telah dipanaskan hingga suhu 60°C. Residu ini kemudian dicuci kembali menggunakan metanol, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 3 jam. Sebanyak 0,5 gram residu kering kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer, dan ditambahkan 100 ml aquadest sambil diaduk. Setelah itu, ditambahkan 25 ml larutan NaOH 0,5 N, dan campuran dipanaskan selama 15 menit. Dalam kondisi panas, campuran ini dititrasi dengan larutan asam klorida 0,3 N menggunakan indikator fenoltalein (PP) hingga terjadi perubahan warna [3].

Untuk menentukan derajat substitusi (DS), dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ CMC} = \frac{[V_o - V_n] \times 0,058 \times 100}{M}$$
$$\text{DS} = \frac{162 \times \% \text{ CMC}}{[5800 - (57 \times \% \text{ CMC})]}$$

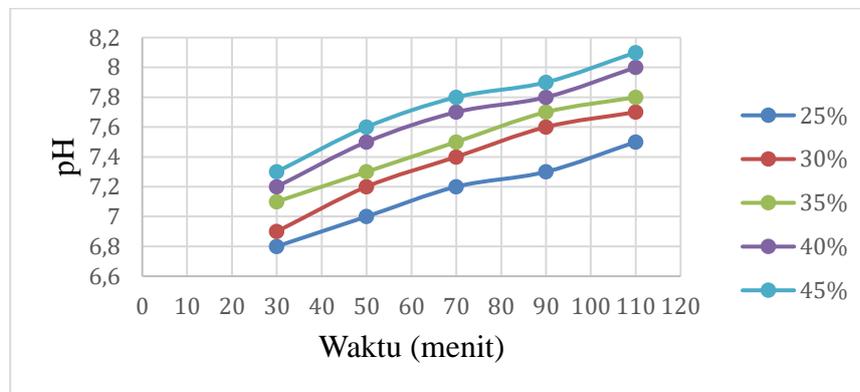
Keterangan:

V_o = ml asam klorida yang digunakan untuk menitrasi blanko

V_n = ml asam klorida yang digunakan untuk menitrasi sampel

M = berat sampel (gram)

HASIL DAN PEMBAHASAN

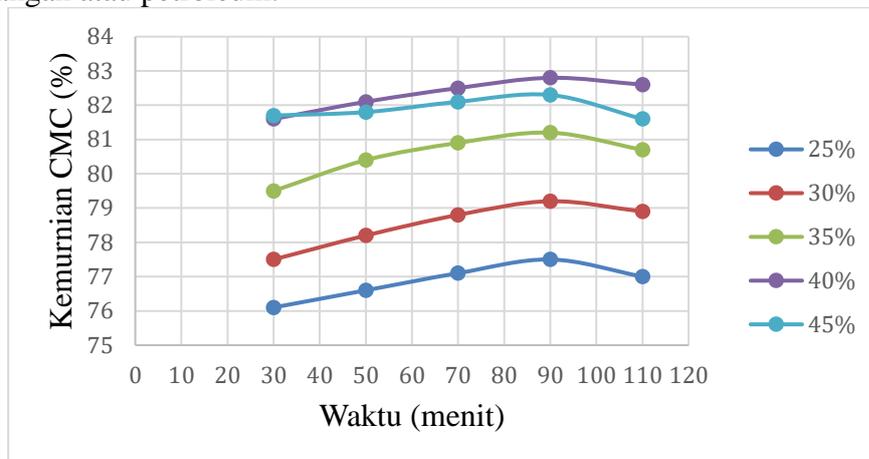


Gambar 1. Grafik Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap pH CMC

Pada Gambar 1, terlihat bahwa rentang pH CMC berada antara 6,8 hingga 8,1. pH CMC sebesar 6,8 diperoleh dari konsentrasi NaOH terendah, yaitu 25%, sementara pH 8,1 dihasilkan dari konsentrasi NaOH sebesar 45%. Peningkatan konsentrasi NaOH menyebabkan kenaikan pH CMC, yang disebabkan oleh sifat NaOH sebagai basa kuat. Semakin tinggi konsentrasinya, semakin banyak ion hidroksida (OH^-) yang dilepaskan ke dalam larutan, sehingga pH meningkat. Berdasarkan [9] juga mendukung pernyataan ini, yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi NaOH menghasilkan nilai pH yang lebih tinggi.

Selain itu, pH CMC meningkat seiring bertambahnya waktu alkalisasi. Pada waktu 30 menit dengan konsentrasi NaOH 25%, pH CMC berturut-turut adalah 6,8; 6,9; 7,1; 7,2; dan 7,3. Sedangkan pada waktu 110 menit, pH berturut-turut menjadi 7,5; 7,7; 7,8; 8; dan 8,1. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu alkalisasi, pH CMC cenderung meningkat. Namun, jika

waktu alkalisasi terlalu lama, hal ini dapat merusak struktur selulosa dan berdampak negatif pada hasil akhir CMC. Berdasarkan standar mutu [10], carboxymethyl cellulose dengan pH dalam rentang 6,8 hingga 8,1 termasuk dalam kategori mutu 2, yang memungkinkan penggunaannya di industri pertambangan atau petroleum.

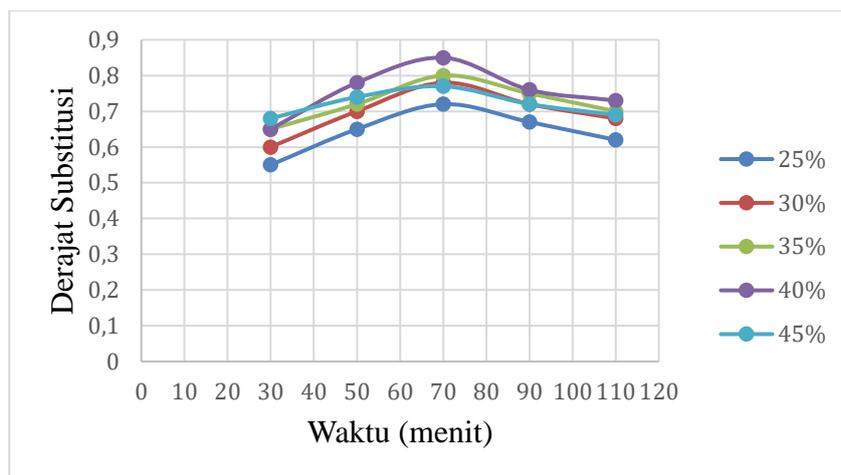


Gambar 2. Grafik Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap Kemurnian CMC

Pada Gambar 2, terlihat kemurnian CMC dengan variasi konsentrasi NaOH dan waktu alkalisasi. Dalam penelitian ini, kemurnian CMC tertinggi yang diperoleh adalah 82,8%, dicapai pada konsentrasi NaOH 40% dengan waktu reaksi alkalisasi 90 menit. Sebaliknya, kemurnian terendah ditemukan pada konsentrasi NaOH 25%, yaitu sebesar 75,3%. Hal ini menunjukkan bahwa kemurnian CMC meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi NaOH. Namun, pada konsentrasi tertinggi, yaitu 45%, kemurnian CMC mengalami penurunan, yang disebabkan oleh degradasi selulosa. Penelitian oleh [1] menyatakan bahwa konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi dapat menyebabkan degradasi CMC akibat kelebihan NaOH, sehingga kemurnian tidak meningkat secara signifikan.

Waktu alkalisasi juga berpengaruh pada kemurnian CMC. Peningkatan waktu reaksi dari 30, 50, 70, hingga 90 menit dengan konsentrasi 40% menunjukkan kemurnian CMC meningkat signifikan, yakni 81,6%; 82,0%; 82,5%; dan 83,1%. Namun, pada waktu reaksi 110 menit, kemurnian menurun menjadi 82,6%. Ini menunjukkan bahwa kemurnian CMC cenderung meningkat dengan waktu alkalisasi, tetapi waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan degradasi selulosa akibat terbentuknya produk samping, yang mengurangi kemurnian CMC. Menurut [9] setelah melewati waktu optimum, selulosa mulai mengalami degradasi, yang mengakibatkan penurunan kemurnian CMC.

Berdasarkan standar mutu [10], carboxymethyl cellulose dengan kemurnian antara 76,1% hingga 83,1% termasuk dalam kategori mutu 2, yang dapat diterapkan di industri pertambangan atau petroleum.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap Derajat Substitusi CMC

Pada Gambar 3, ditampilkan grafik derajat substitusi yang dihasilkan dari variasi konsentrasi NaOH dan waktu alkalisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa derajat substitusi meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi NaOH. Derajat substitusi tertinggi, sebesar 0,85, diperoleh pada konsentrasi NaOH 40% dengan waktu reaksi 70 menit. Meskipun derajat substitusi meningkat pada konsentrasi 25%, 30%, 35%, dan 40%, terjadi penurunan pada konsentrasi 45%. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi 40% NaOH yang efektif dalam mengaktifkan gugus hidroksil (OH) pada molekul selulosa. Ketika struktur selulosa mengembang, hal ini memudahkan difusi reagen karboksimetilasi ke dalam jaringan selulosa. Namun, jika konsentrasi NaOH terlalu tinggi, dapat terjadi reaksi samping yang menghasilkan natrium glikolat, yang menghambat reaksi karboksimetilasi dan mengurangi jumlah gugus hidroksil yang bereaksi dengan natrium monokloroasetat, sehingga menurunkan derajat substitusi. Pernyataan ini sejalan dengan temuan [11], yang menyebutkan bahwa reaksi karboksimetilasi berlangsung optimal pada konsentrasi 40%. NaOH berperan dalam membuka serat selulosa agar gugus hidroksil dapat bereaksi lebih efisien dengan natrium monokloroasetat.

Selain itu, derajat substitusi meningkat pada waktu 30, 50, dan 70 menit, tetapi mengalami penurunan pada waktu 90 dan 110 menit. Penurunan ini disebabkan oleh proses degradasi polimer, di mana molekul-molekul besar terpecah menjadi yang lebih sederhana. Pada penelitian yang dilakukan oleh [12] menjelaskan bahwa dalam proses alkalisasi yang berlangsung lebih lama, waktu tambahan dapat meningkatkan derajat substitusi karena lebih banyak gugus carboxymethyl yang dapat terikat pada rantai selulosa. Namun, setelah mencapai suhu dan waktu tertentu, reaksi dapat mencapai keseimbangan di mana penambahan waktu lebih lanjut tidak lagi meningkatkan derajat substitusi dan dapat menyebabkan degradasi selulosa.

Berdasarkan standar mutu [10], carboxymethyl cellulose dengan derajat substitusi antara 0,55 hingga 0,85 termasuk dalam kategori mutu 2, yang dapat digunakan di industri pertambangan atau petroleum.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa produksi Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari kulit buah pisang ambon hijau (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*) dipengaruhi oleh variabel konsentrasi natrium hidroksida (NaOH) dan waktu reaksi alkalisasi. Hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi NaOH 40% dengan waktu reaksi 90 menit.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi variasi variabel lain, seperti suhu reaksi atau rasio natrium monokloroasetat terhadap selulosa.

2. Penelitian ini mendukung upaya pengelolaan limbah kulit pisang menjadi produk bernilai ekonomis tinggi. Diharapkan hasil penelitian ini dapat mendorong penelitian lebih lanjut untuk memanfaatkan limbah organik lainnya sebagai bahan baku pembuatan CMC yang bermanfaat.
3. CMC yang dihasilkan pada penelitian ini tidak sesuai dengan tujuan awal aplikasi CMC pada industri makanan karena masuk pada kategori CMC mutu 2, sehingga dapat diaplikasikan dalam industri pertambangan atau petroleum.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. N. H. Fernadya Rahayu Agustriono, "Pemanfaatan Limbah sebagai Bahan Baku Sintesis Karboksimetil Selulosa," *Farmaka*, vol. 14, no. 3, pp. 87-94, 2016.
- [2] A. J.-J. Y. S. Harvin Kaur, "Carboxymethyl Cellulose from cavendish Banana Peel As a Drag Reduction Agent," *Material Science and Engineering*, pp. 1-9, 2018.
- [3] N. A. R. Nur'ain, "Optimasi Kondisi Reaksi Untuk Sintesis Karboksimetil Selulosa (Cmc) Dari Batang Jagung (*Zea Mays L.*)," *Kovalen*, vol. 3, no. 2, pp. 112-121, 2017.
- [4] I. W. A. I. W. G. S. Y. Ni Putu Mega Triasswari, "Karakteristik Karboksimetil Selulosa Dari Onggok Singkong Pada Variasi Konsentrasi Natrium Hidroksida Dan Asam Trikloroasetat," *Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, vol. 10, no. 3, pp. 302-311, 2022.
- [5] A. S. P. Achmad Wildan, "Studi Proses Bleaching Serat Kelapa Sebagai Reinforced Fiber," *Rekayasa Kimia dan Proses*, pp. 1-7, 2010.
- [6] W. D. R. P. Dianrifiya Nisa, "Pemanfaatan Selulosa Dari Kulit Buah Kakao (*Teobroma Cacao L.*) Sebagai Bahan Baku Pembuatan CMC (Carboxymethyl Cellulosa)," *Pangan dan Agroindustri*, vol. 2, no. 3, pp. 34-42, 2014.
- [7] E. A. r. P. R. S. Dini Safitri, "Sintesis Karboksimetil Selulosa (CMC) Dari Selulosa Kulit Durian (*Durio Zibethinus*)," *Kovalen*, vol. 3, no. 1, pp. 58-68, 2017.
- [8] K. U. S. T. Arum Wijayani, "Karakterisasi Karboksimetil Selulosa (CMC) Dari Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes (Mart) Solms*)," *Jurnal Chem*, vol. 5, no. 3, pp. 228-231, 2005.
- [9] M. S. Effendi, *Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Makanan*, bandung: Alfabet, 2012.
- [10] B. S. Nasional, "SNI 06-3736-1995: Standar Mutu CMC," Badan Standardisasi Nasional, 1995.
- [11] K. J. Y. P. P. R. Warinporn Klunkin, "Synthesis, Characterization, and Application of Carboxymethyl Cellulose from Asparagus Stalk End'," *Polymers*, vol. 13, no. 81, pp. 1-15, 2020.
- [12] N. S. A. A. Shella Permatasari Santoso, "Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Pembuatan Sodium Karboksimetil Selulosa'," *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, vol. 11, no. 3, pp. 124-131, 2012.